

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 44 40 510 A 1

51 Int. Cl. 8:  
H 03 B 28/00  
G 06 F 1/03

21 Aktenzeichen: P 44 40 510.3  
22 Anmeldetag: 12. 11. 94  
43 Offenlegungstag: 30. 5. 96

DE 44 40 510 A 1

71 Anmelder:  
ANT Nachrichtentechnik GmbH, 71522 Backnang, DE

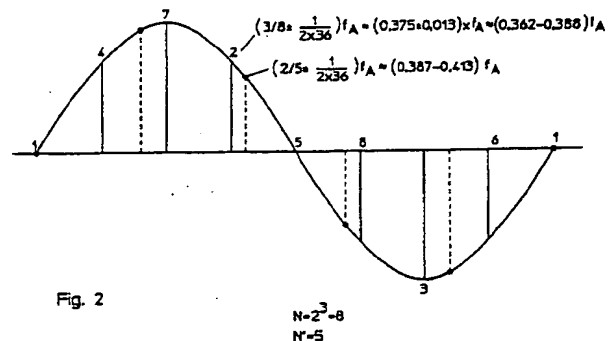
72 Erfinder:  
Göckler, Heinz, Dr., 71522 Backnang, DE

56 Entgegenhaltungen:  
DE 35 00 316 C2  
DE 42 40 597 A1  
H. WEMKEN: NF mit wenig Hardware erzeugen, in  
Elektronik H.12, 8.6.1990, S.82-86;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zur Erzeugung eines digitalen Sinussignales

57 Verfahren zur Erzeugung eines digitalen Sinussignales unter Verwendung von äquidistanten Abtastwerten einer Sinusgrundperiode der Frequenz  $f_0 = f_a/N$  mit der Abtastfrequenz  $f_a$ , wobei zur Erzeugung des digitalen Signals der Frequenz  $f_t = m \cdot f_0$  ein Phasenakkumulator vorgesehen ist, der  $m$  Phaseninkremente modulo  $2\pi$  akkumuliert, und wobei jeweils dem augenblicklichen Phasenwert der zugehörige Abtastwert der Grundperiode verwendet wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Sinusgrundperiode in  $N'$  Phaseninkremente der Größe  $2\pi/N'$  aufgeteilt wird, wobei sich die Anzahl  $N'$  der Abtastwerte in dem Bereich  $2 < N' \leq N$  bewegt, mit  $m'$  und  $N'$  Element der natürlichen Zahlen  $N$ , daß ein digitales Signal der Frequenz  $f_t' = m' \cdot f_0' = m' \cdot f_a/N'$  erzeugt wird und daß  $m'/N'$  so gewählt wird, daß die Abweichung  $[\varepsilon] = [f_t' - f_g]$  zwischen der tatsächlichen Frequenz  $f_t$  des erzeugten Signals und einer gewünschten Frequenz  $f_g$  möglichst klein wird oder einen vorgegebenen Wert unterschreitet.  
Einsatzgebiet: Digitale Trägererzeugung zur digitalen Mischung bzw. Frequenzumsetzung. Das Verfahren verbessert die Frequenzeinstellgenauigkeit zum Teil wesentlich ohne bzw. nur mit minimaler Aufwandserhöhung.



DE 44 40 510 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 04. 96 602 022/44

6/26

## Beschreibung

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Erzeugung eines digitalen Sinussignales gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Solche Verfahren sind bekannt, beispielsweise aus dem Aufsatz "Interpolated Digital Synthesizer Oscillators" von Watanabe, Nakajima und Saito, in Electronics and Communications in Japan, Part III, Vol. 76, No. 1, 1993, Seite 78ff.

Bei der digitalen Frequenzsynthese ist es üblich, eine Anzahl  $N$  äquidistanter Abtastwerte einer Sinusgrundperiode der Frequenz  $f_0 = f_a/N$  zu verwenden, wobei  $f_a$  die Abtastfrequenz ist. Damit können ganze Vielfache  $l$  dieser Grundfrequenz, also  $f_l = l \cdot f_0$ , mit  $0 \leq l \leq N$ ,  $N$  Element der natürlichen Zahlen  $N$ , erzeugt werden. Die Einstellgenauigkeit einer zu erzeugenden Frequenz ist damit gegeben zu  $\pm f_0/2$ . Zur Erhöhung der Frequenzeinstellgenauigkeit ist damit die Anzahl  $N$  zu erhöhen, was mehr Speicherkapazität oder Rechnerkapazität benötigt, oder es ist zwischen den benachbarten Abtastwerten zu interpolieren, was ebenfalls zu mehr Rechenaufwand führt.

Der Erfindung lag die folgende Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, das es gestattet, die Frequenzeinstellgenauigkeit für solche Frequenzen, die nicht auf dem Frequenzraster liegen, zu erhöhen. Dabei soll kein bzw. nahezu kein zusätzlicher Aufwand erforderlich sein.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt mit dem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Es folgt nun die Beschreibung der Erfindung anhand der Figuren.

Fig. 1 dient zur etwas detaillierteren Beschreibung des Standes der Technik.

Die Fig. 2a und 2b zeigen zugehörige Diagramme.

In Fig. 3 ist eine Sinusgrundperiode mit unterschiedlichen Anzahlen äquidistanter Abtastwerte dargestellt.

Die Fig. 4 bis 6 zeigen Modifikationen von Phasenakkumulatoren, welche die gezielte Einstellung der Nullphase der erzeugten Schwingungen ermöglichen.

In Fig. 1 ist ein Phasenakkumulator gezeigt, dem ein normiertes Phaseninkrement  $l$  mit  $l$  als natürlicher Zahl sowie ein Takt mit der Abtastfrequenz  $f_a$  zugeführt werden. Der Phasenakkumulator liefert aktuelle normierte Phasenwerte  $\phi$  als Adreßwerte, die von Takt zu Takt jeweils um das angegebene Phaseninkrement  $l$  vergrößert werden und ihre Werte Modulo  $N$  annehmen. Der aktuelle, ganzzahlige, normierte Phasenwert  $\phi$  gelangt mit der Wortbreite  $w_a$  als Adresse zu einer Sinustabelle, während der aktuelle, normierte Phasenwert  $\phi + \pi/2$  mit der gleichen Wortbreite als Adresse zu einer Cosinustabelle geführt wird; aus den beiden Tabellen, die jeweils  $N - 2^{w_a}$  Abtastwerte umfassen, werden die zugehörigen Abtastwerte ausgelesen und ergeben die komplexe Schwingung  $e^{j 2 \pi k f_l / f_a} = \cos(2 \pi k l / N) + j \sin(2 \pi k l / N)$ .

In den Fig. 2a und 2b sind die Abtastwerte für die Cosinustabelle bzw. die Sinustabelle für eine Grundperiode aufgezeichnet. Mit diesem Verfahren zur digitalen Frequenzsynthese lassen sich ganze Vielfache zwischen 0 und  $N-1$  der Grundfrequenz  $f_0 = f_a/N$  mit einer Einstellgenauigkeit von  $\pm f_a/2N$  erzeugen. Wollte man die Frequenzgenauigkeit verdoppeln, so wäre entsprechend die doppelte Anzahl von Abtastwerten, nämlich  $2N$  abzuspeichern oder bereitzustellen.

Hier greift das erfindungsgemäße Verfahren ein, welches den Vorteil bietet, bei wenig zusätzlichem Aufwand die Frequenzeinstellgenauigkeit in weitem Bereich wesentlich zu erhöhen.

Als ein anschauliches Beispiel soll die Fig. 3 dienen. Hier sind für eine Sinusgrundperiode zunächst  $N = 2^3 = 8$  Abtastwerte äquidistant aufgetragen. Gestrichelt sind aufgetragen  $N' = 5$  Abtastwerte. Läßt man eine Frequenztoleranz von  $\pm 1,3\%$  der Abtastrate zu, so können Schwingungen im Bereich von 0,362 bis 0,388 der Abtastrate mit der maximalen Anzahl von  $N = 8$  Abtastwerten, also um den Bereich  $3/8$  der Abtastrate innerhalb dieser Fehlertoleranz erzeugt werden. Bei einer Anzahl von  $N' = 5$  Abtastwerten läßt sich mit der selben Frequenzgenauigkeit der anschließende und leicht überlappende Frequenzbereich von 0,387 bis 0,413 der Abtastrate  $f_a$ , also der Bereich um  $2/5$  der Abtastrate erzeugen. Mit dem festen Frequenzraster, gegeben durch die maximale Anzahl  $N$  der Abtastwerte, können diese Frequenzbereiche nur etwa mit dem doppelten Frequenzfehler erzeugt werden.

Das Beispiel der Fig. 2 ist gewählt für einen relativ niedrigen Wert von  $N$ . In der Praxis werden wesentlich höhere Werte verwendet, z. B. 1024 oder 2048. Selbstverständlich kann Speicherkapazität eingespart werden, indem nur halbe oder Viertelperioden einer Sinusgrundperiode abgespeichert werden und die übrigen Werte mittels einer etwas aufwendigeren Adreßrechnung bzw. Vorzeichen-Invertierung erarbeitet werden. Die folgenden Beispiele 1 und 3 zeigen eine zum Teil erhebliche Erhöhung der Frequenzgenauigkeit durch Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

## Beispiel 1

## Vorgaben:

Abtastfrequenz in Hz, kHz, MHz, ...

$f_a = 1024.000000000000$

Gewünschte Trägerfrequenz in Hz, kHz, MHz, ...

$f_c = 781.100000000000$

## Ergebnisse:

Optimale Trägerfrequenz in Hz, kHz, MHz, ...

$f_{opt} = 781.0976744186047$

Absolute Frequenzabweichung in Hz, kHz, MHz, ...

# DE 44 40 510 A1

FOPT - FC = -2.3255813953397819E-03 = 2 1/3 Hz (statt 100 Hz)  
Relative Frequenzabweichung in %  
100\* (FOPT - FC)/FA = -2.2710755813865058E-04

Vorgabe:  
Maximale Tabellenlänge für Viertelperiode  
NMAX = 256

5

Ergebnisse:  
Optimale Tabellenlänge für Viertelperiode  
NOPT = 215; 4 Nept = 860  
Optimales Adressinkrement für 1/4-Grundperiode  
MOPT = 656

10

## Beispiel 2

15

Vorgaben:  
Abtastfrequenz in Hz, kHz, MHz, ...  
FA = 14.13818181818182  
Gewünschte Trägerfrequenz in Hz, kHz, MHz, ...  
FC = 6.059545454545454

20

Ergebnisse:  
Optimale Trägerfrequenz in Hz, kHz, MHz, ...  
FOPT 6.059220779220779  
Absolute Frequenzabweichung in Hz, kHz, MHz, ...  
FOPT - FC = -3.2467532467472804E-04 = 324,6 Hz (statt 1,648 kHz)  
Relative Frequenzabweichung in %  
100\* (FOPT - FC)/FA = -2.2964432686612709E-03

25

30

Vorgabe:  
Maximale Tabellenlänge für Viertelperiode  
NMAX = 256

Ergebnisse:  
Optimale Tabellenlänge für Viertelperiode  
NOPT = 7,14, ..., 252 = 7 mal 36  
Optimales Adressinkrement: 1/4-Grundperiode  
MOPT = 12,24, ..., 432 = 12 mal 36  
df = 504,935064 kHz

35

40

## Beispiel 3

Vorgaben:  
Abtastfrequenz in Hz, kHz, MHz, ...  
FA = 28.27636363636364  
Gewünschte Trägerfrequenz in Hz, kHz, MHz, ...  
FC = 3.000000000000000

45

Ergebnisse:  
Optimale Trägerfrequenz in Hz, kHz, MHz, ...  
FOPT = 2.999008264462810  
Absolute Frequenzabweichung in Hz, kHz, MHz, ...  
FOPT - FC = -9.9173553719011931E-5 = -991,74 Hz (statt -17,72 kHz)  
Relative Frequenzabweichung in %  
100\* (FOPT - FC)/FA = -3.5072951739619703E-03

50

55

Vorgabe:  
Maximale Tabellenlänge für Viertelperiode  
NMAX = 128

60

Ergebnisse:  
Optimale Tabellenlänge für Viertelperiode  
NOPT = min 33 (max 99)  
Optimales Adressinkrement: 1/4-Grundperiode  
MOPT = min 14 (max 42)

65

Eine gezielte Einstellung der Nullphase zeigen die drei Modifikationen von Phasenakkumulatoren gemäß der

Fig. 4 bis 6. Eine gezielte Einstellung der Nullphase ist beispielsweise notwendig bei Multimedienübertragungssystemen zur Synchronisation von mehreren Kanälen, wobei die Nebenbedingung, daß der Summensignalspitzenwert klein oder minimal ist, erfüllt werden muß. Im Schaltbild des Phasenakkus nach Fig. 4 wird ständig eine Nullphase  $\varphi_0$  angelegt, während bei den beiden anderen Modifikationen  $\varphi_0$  einmalig mittels eines Schalters S genau dann angelegt wird, wenn die Nullphase verändert bzw. gesetzt werden soll.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von fortlaufenden, digitalen Abtastwerten einer Schwingung unter Verwendung einer festen Anzahl von abgespeicherten Abtastwerten, die zyklisch mit einer festen Abtastfrequenz  $f_A$  aus Abtastwert-Speicherplätzen eines Speichers ausgelesen werden, der N Abtastwert-Speicherplätze aufweist und in welchem die Abtastwerte als fortlaufende, äquidistante Abtastwerte einer Periode einer sinusförmigen Grundschiwingung unter Phasenadressen mit fortlaufenden Adreßwerten abgespeichert sind, wobei beim Auslesen jeweils eine Phasenadresse aufgerufen und der abgespeicherte, zugehörige Abtastwert der Grundschiwingung ausgelesen und dann als Abtastwert der Schwingung verwendet wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß für eine Baugruppe, die eine Schwingungsfrequenz  $f_t = m \cdot f_A/N$  mit m nicht ganzzahlig benötigt, nur  $N'$  Abtastwerte der Grundschiwingung mit  $2 < N' < N$  abgespeichert und als Abtastwerte der Schwingung verwendet werden und die Schwingung mit einer Schwingungsfrequenz erzeugt wird, die dichter an  $f_t = m \cdot f_A/N$  liegt als an der am nächsten liegenden Rasterfrequenz  $n f_A/N$  mit n ganzzahlig, die bei voller Belegung aller N Abtast-Speicherplätze erzeugbar ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in den Abtastwert-Speicherplätzen nur die Abtastwerte einer halben, viertel oder achte Periode der Grundschiwingung abgespeichert sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß  $N'$  so gewählt ist, daß die Frequenzabweichung der Schwingung von der für die Baugruppe benötigten Schwingungsfrequenz einen vorgegebenen Wert unterschreitet.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzabweichung der Schwingung von der für die Baugruppe benötigten Schwingungsfrequenz minimiert ist.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erzeugte digitale Schwingung eine reelle Trägerschwingung ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die erzeugte digitale Schwingung eine komplexe Trägerschwingung ist.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß für den Imaginärteil und für den Realteil der digitalen komplexen Trägerschwingung jeweils eine Tabelle mit Abtastwerten vorgesehen ist.
8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß für Imaginärteil und Realteil der digitalen Trägerschwingung nur eine einzige Tabelle vorgesehen ist, die mehrfach auslesbar ist.
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Nullphase der Schwingung gezielt eingestellt wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

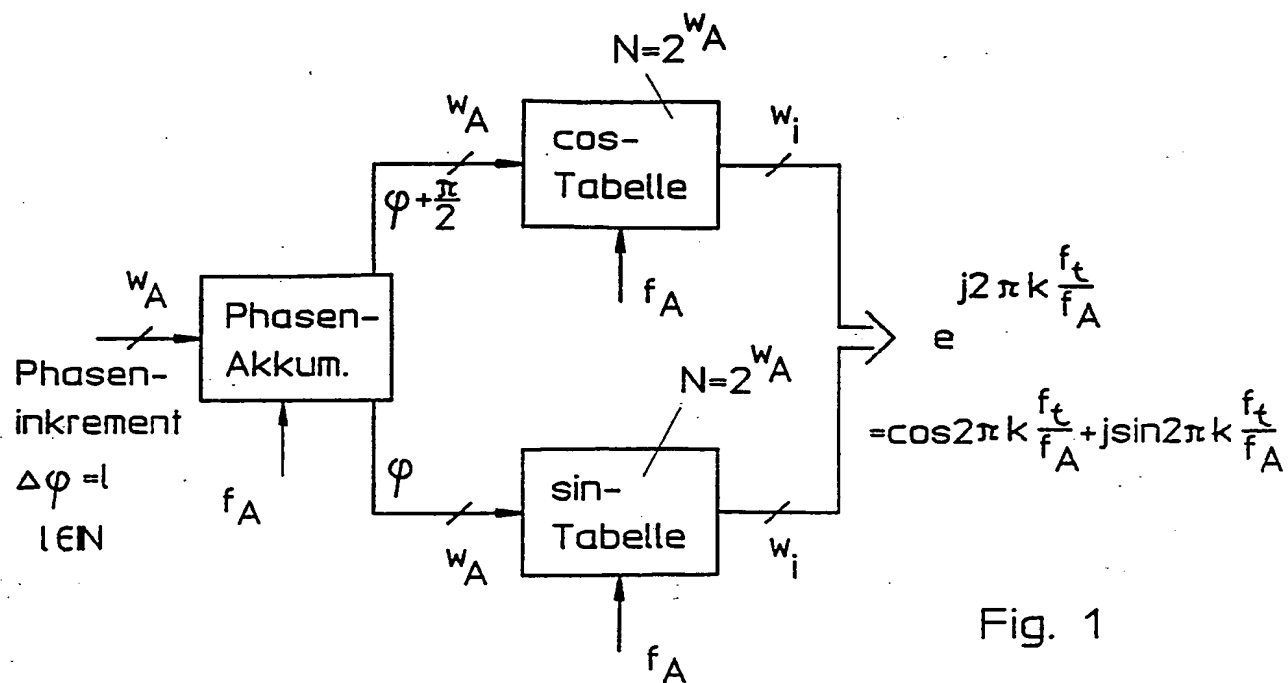
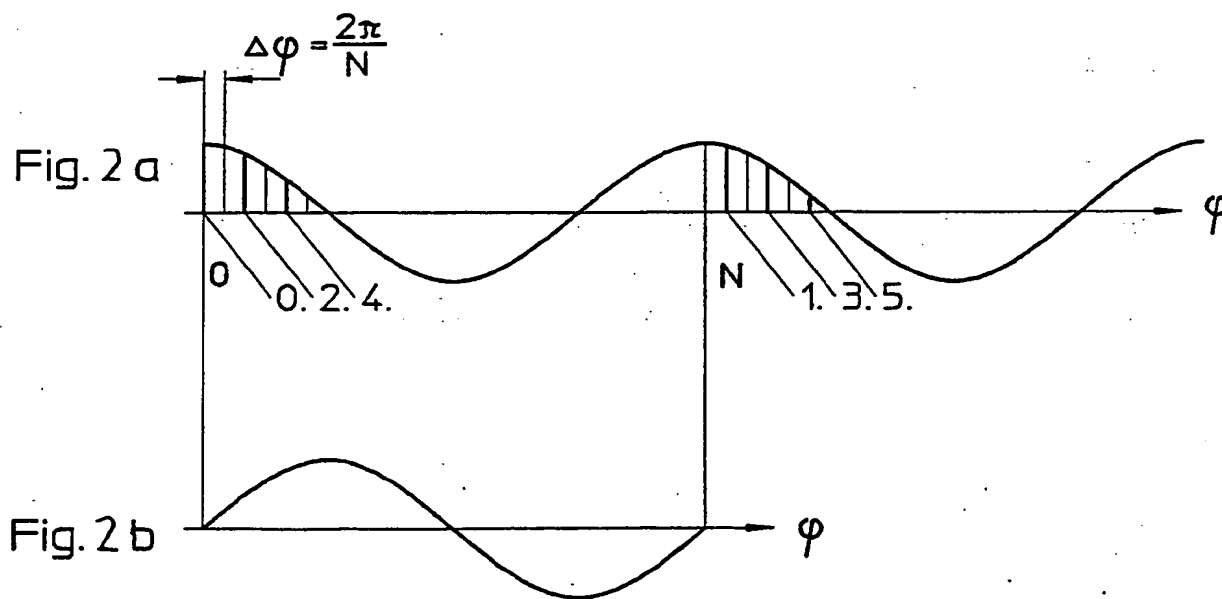


Fig. 1



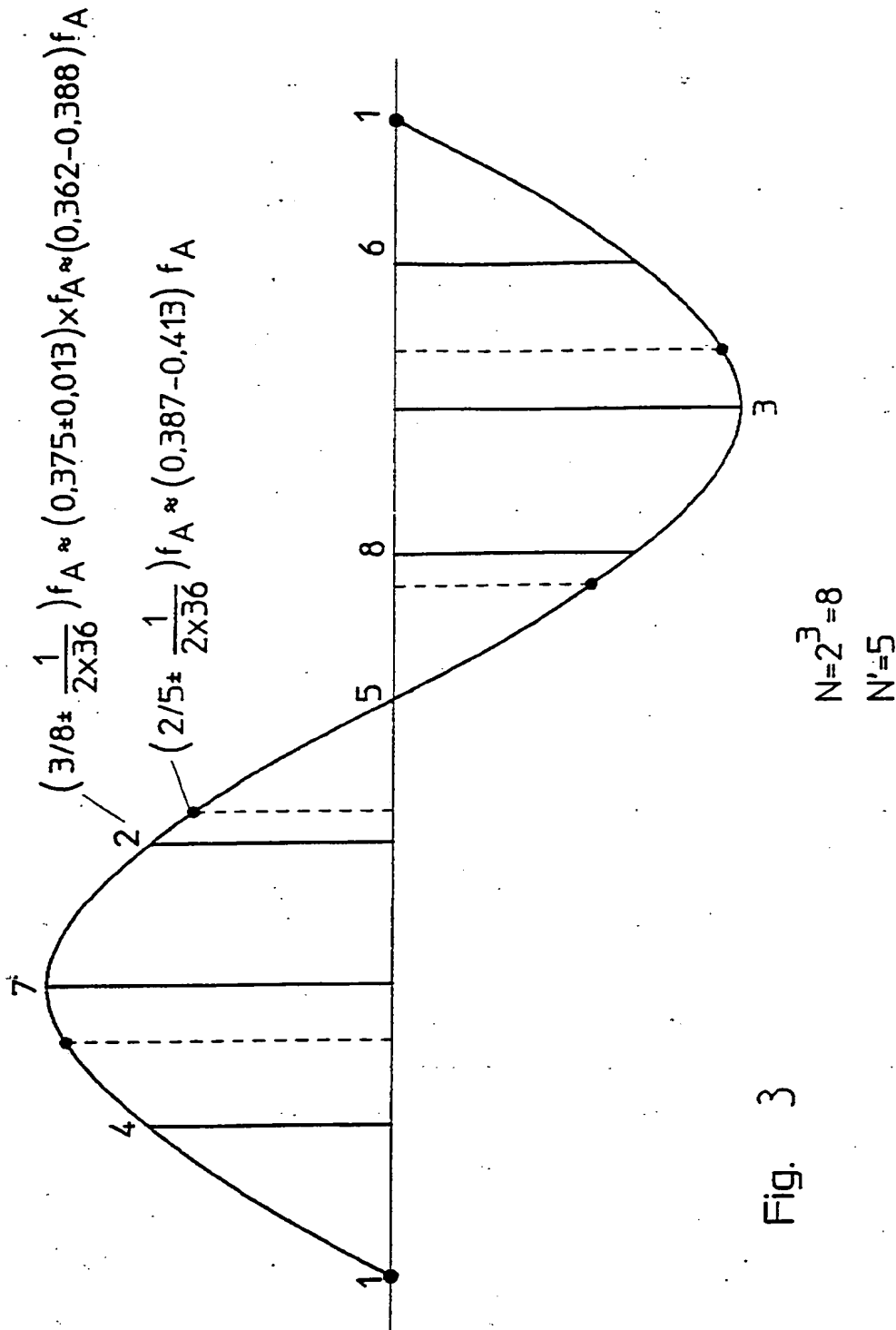


Fig. 3